

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-204443
(P2003-204443A)

(43)公開日 平成15年7月18日(2003.7.18)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 N 1/60		G 0 6 T 1/00	5 1 0 2 C 2 6 2
B 4 1 J 2/525		H 0 4 N 1/40	D 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	5 1 0	1/46	Z 5 C 0 7 7
H 0 4 N 1/46		B 4 1 J 3/00	B 5 C 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2002-2061(P2002-2061)

(22)出願日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 荒井 佳文

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100097490

弁理士 細田 益稔

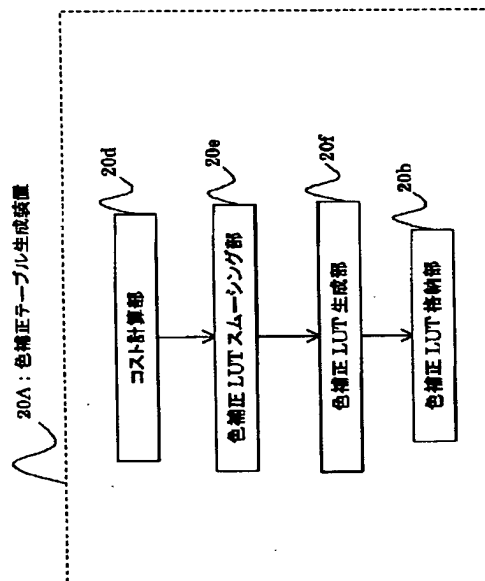
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 色補正テーブル生成方法、画像処理装置、画像処理方法、プログラムおよび記録媒体

(57)【要約】

【課題】 本発明は、画像データの色補正における連続性を高めることができる色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用いる画像処理装置、方法、プログラムおよび記録媒体を提供することを課題とする。

【解決手段】 本発明による画像処理装置は、色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理を行う。前記平滑化の程度を評価するための関数は、インク量ベクトルのねじれ量に基づく関数、仮想CMYにおけるねじれ量に基づく関数、目的のインク量から離れることに基づく関数、目的の仮想CMYから離れることに基づく関数、インク量制限を満たさないことに基づく関数、インク量が負になったことに基づく関数およびインクの発生に基づく関数を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて色補正テーブルを生成する方法。

【請求項 2】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理を行う画像処理装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 4】 請求項 2 または 3 に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、仮想 CMY におけるねじれ量に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 5】 請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記インク量空間と前記 3 次元化された仮想 CMY 空間の両方でねじれを補正することによって、次元圧縮前後の空間の連続性を保持しつつねじれ補正を行える画像処理装置。

【請求項 6】 請求項 2 乃至 5 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的のインク量からの離れ程度に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 7】 請求項 2 乃至 6 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的の仮想 CMY からの離れ程度に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 8】 請求項 2 乃至 7 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量制限をこえる程度に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 9】 請求項 2 乃至 8 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量が負になったことに基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 10】 請求項 2 乃至 9 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インクの発生に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項 11】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理を行う画像処理方法。

【請求項 12】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用

いて画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 13】 請求項 12 に記載のプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用いる画像処理装置、方法、プログラムおよび記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】スキャナ、モニタ、プリンタ、プロジェクタなどの色再現装置では、自己発光か反射かの違いや、階調表現法の違い、用いる原色の違いなどによって色再現特性が異なるため、同じ RGB 値、または、CMY 値、あるいは、CMYK 値を入力しても再現される色が大きく異なる。したがって、異なる色再現装置で同じ色を再現するためには、色を装置の特性とは無関係に表現できる装置非依存 (Device-Independent) の空間で表し、その空間で同じになるように実際のインク量や、モニタ RGB 値などを決定するいわゆる色管理 (Color Management) を行う必要がある。

【0003】例えば、カラープリンタの場合、スキャナ、プリンタ、モニタなどの RGB 値が国際規格である sRGB 値であるという仮定のもとに、規格に従って計算される Lab 値を計算し、プリンタで再現可能な色の内で最もその Lab 値に近い値を持つような色を再現するためのインクの組み合わせに色変換する。そして予め定められた RGB の格子間隔でこの変換を行い、RGB 値からインク量の色変換を行う色補正テーブル (LUT) を予め作成し、プリンタドライバなどに搭載することで、所望の色を再現できるようにするのが一般的である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般にプリンタの色再現特性は入力 RGB 値に対してどのようなインクの組み合わせを使うか (以下これを「分版」と呼ぶ) の特性によって決定される。この分版は様々な条件を満たすように設計されることから、多くの場合インク量の不連続な変化が伴う。したがって、この分版特性を使ってそのまま作成された色補正テーブルも必ずインク量が不連続に変化する部分が存在し、階調ががたつく原因になる。また、格子にがたつきが存在すると、格子内のデータを求める際に行う線形補間において大きな誤差が発生するため、こうした場合は、色のねじれなども生じる。

【0005】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、分版特性のがたつきを修正し、色補正テーブルの連続性を高めることによって、出力される画像の色ねじれや、トーンジャンプを極力抑えることのできる色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用

10

20

30

40

50

提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題に鑑み、請求項1に記載の発明は色補正テーブル生成方法であって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて色補正テーブルを生成するように構成される。

【0007】請求項2に記載の発明は画像処理装置であって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理を行うように構成される。

【0008】請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量に基づく評価関数を有して構成される。

【0009】ここで、「色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量」とは、色補正テーブルの入力値(RGB)で表される各グリッドに対応する変換後のインク量で表されるインク量空間において、隣接する全グリッド間でのインク量ベクトルから定義されるねじれ量である。

【0010】請求項4に記載の発明は、請求項2または3に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、仮想CMYにおけるねじれ量に基づく評価関数を有して構成される。

【0011】ここで、「仮想CMYにおけるねじれ量」とは、インク量に関するI次元空間(Iはインク数)から線形結合によって三次元化された空間(仮想CMY空間)における前記隣接する全グリッド間での3次元ベクトルから定義されるねじれ量である。

【0012】請求項5に記載の発明は、請求項2乃至4のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記インク量空間と前記3次元化された仮想CMY空間の両方でねじれを補正することによって、次元圧縮前後の空間の連続性を保持しつつねじれ補正を行えるように構成される。

【0013】請求項6に記載の発明は、請求項2乃至5のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的のインク量からの離れ程度に基づく評価関数を有して構成される。

【0014】請求項7に記載の発明は、請求項2乃至6のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的の仮想CMYからの離れ程度に基づく評価関数を有して構成される。

【0015】請求項8に記載の発明は、請求項2乃至7のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量制限をこえる程度に基づく評価関数を有して構成される。

【0016】請求項9に記載の発明は、請求項2乃至8

のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量が負になったことに基づく評価関数を有して構成される。

【0017】請求項10に記載の発明は、請求項2乃至9のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インクの発生に基づく評価関数を有して構成される。

【0018】ここで、「インクの発生に基づく評価関数」は、平滑化前の色補正テーブルにおいて元々インク量がゼロであった点にインクが発生していないかどうかを評価するための関数である。

【0019】請求項11に記載の発明は、色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理を行うように構成される。

【0020】請求項12に記載の発明は、色補正テーブルによる色変換後の各格子点データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成された色補正テーブルを用いて画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【0021】請求項13に記載の発明は、請求項12に記載のプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。

【0023】図1は、本発明の一実施形態にかかる色補正テーブル生成装置の機能ブロック図であり、図3は、本発明の一実施形態にかかる画像処理装置の機能ブロック図である。

【0024】ハードウェア構成

図2は、これら色補正テーブル生成装置および画像処理装置の具体的なハードウェア構成例を概略ブロック図により示している。

【0025】当該実施形態においては、色補正テーブル生成装置および画像処理装置を実現するハードウェアの一例としてコンピュータシステムを採用している。図2は、同コンピュータシステムをブロック図により示している。本コンピュータシステムは、画像入力デバイスとして、スキャナ11aとデジタルスチルカメラ11bとビデオカメラ11cとを備えており、コンピュータ本体12に接続されている。それぞれの入力デバイスは画像をドットマトリクス状の画素で表現した画像データを生成してコンピュータ本体12に出力可能となっており、ここで同画像データはRGBの三原色においてそれぞれ256階調表示することにより、約1670万色を表現可能となっている。

【0026】コンピュータ本体12には、外部補助記憶装置としてのフロッピー（登録商標）ディスクドライブ

13aとハードディスク13bとCD-ROMドライブ13cとが接続されており、ハードディスク13bにはシステム関連の主要プログラムが記録されており、フロッピーディスクやCD-ROMなどから適宜必要なプログラムなどを読み込み可能となっている。また、コンピュータ本体12を外部のネットワークなどに接続するための通信デバイスとしてモデム14aが接続されており、外部のネットワークに同公衆通信回線を介して接続し、ソフトウェアやデータをダウンロードして導入可能となっている。この例ではモデム14aにて電話回線を介して外部にアクセスするようにしているが、LANアダプタを介してネットワークに対してアクセスする構成とすることも可能である。この他、コンピュータ本体12の操作用にキーボード15aやマウス15bも接続されている。

【0027】さらに、画像出力デバイスとして、ディスプレイ17a、カラープリンタ17bおよびプロジェクタ17cを備えている。ディスプレイ17aについては水平方向に800画素と垂直方向に600画素の表示エリアを備えており、各画素毎に上述した1670万色の表示が可能となっている。この解像度は一例に過ぎず、640×480画素であったり、1024×768画素であるなど、適宜、変更可能である。

【0028】また、カラープリンタ17bはインクジェットプリンタであり、CMYKの四色の色インクを用いてメディアたる印刷用紙上にドットを付して画像を印刷可能となっている。画像密度は360×360dpiや720×720dpiといった高密度印刷が可能となっているが、階調表現については色インクを付すか否かといった2階調表現となっている。一方、このような画像入力デバイスを使用して画像を入力しつつ、画像出力デバイスに表示あるいは出力するため、コンピュータ本体12内では所定のプログラムが実行されることになる。そのうち、基本プログラムとして稼働しているのはオペレーティングシステム(OS)12aであり、このオペレーティングシステム12aには、ディスプレイ17aでの表示を行わせるディスプレイドライバ(DSP DRV)12bと、カラープリンタ17bに印刷出力を行わせるプリンタドライバ(PRT DRV)12cと、プロジェクタ17cでの表示を行わせるプロジェクタドライバ12d(図示せず)が組み込まれている。これらのドライバ12b、12cおよび12dはディスプレイ17a、カラープリンタ17bおよびプロジェクタ17cの機種に依存しており、それぞれの機種に応じてオペレーティングシステム12aに対して追加変更可能である。また、機種に依存して標準処理以上の付加機能を実現することもできるようになっている。すなわち、オペレーティングシステム12aという標準システム上で共通化した処理体系を維持しつつ、許容される範囲内の各種の追加的処理を実現できる。

【0029】このようなプログラムを実行する前提として、コンピュータ本体12は、CPU12e、RAM12f、ROM12gおよびI/O12hなどを備え、演算処理を実行するCPU12eがRAM12fを一時的なワークエリアや設定記憶領域として使用したりプログラム領域として使用しながら、ROM12gに書き込まれた基本プログラムを適宜実行し、I/O12hを介して接続されている外部機器及び内部機器などを制御している。

10 【0030】ここで、基本プログラムとしてのオペレーティングシステム12a上でアプリケーション12dが実行される。アプリケーション12dの処理内容は様々であり、操作デバイスとしてのキーボード15aやマウス15bの操作を監視し、操作された場合には各種の外部機器を適切に制御して対応する演算処理などを実行し、さらには、処理結果をディスプレイ17aに表示したり、カラープリンタ17bに出力したりすることになる。

20 【0031】かかるコンピュータシステムでは、画像入力デバイスであるスキャナ11aなどで画像データを取得し、アプリケーション12dによる所定の画像処理を実行した後、画像出力デバイスとしてのディスプレイ17a、カラープリンタ17bやプロジェクタ17cに表示出力することが可能である。

【0032】本実施形態においては、画像処理装置をコンピュータシステムとして実現しているが、必ずしもかかるコンピュータシステムを必要とするわけではなく、同様の画像データに対して本発明による画像処理が必要なシステムであればよい。例えば、デジタルスチルカメラ内に本発明による画像処理を行う画像処理装置を組み込み、画像処理された画像データを用いてカラープリンタに印字させるようなシステムであっても良い。また、コンピュータシステムを介することなく画像データを入力して印刷するカラープリンタにおいては、スキャナやデジタルスチルカメラまたはモデム等を介して入力される画像データに対して自動的に本発明による画像処理を行って印刷処理するように構成することも可能である。

30 【0033】この他、カラーファクシミリ装置、カラーコピー装置、プロジェクタといった画像データを扱う各種の装置においても当然に適用可能である。

40 【0034】画像処理制御プログラム
本発明による画像処理制御プログラムは、通常、コンピュータ12が読取可能な形態でフロッピーディスク、CD-ROMなどの記録媒体に記録されて流通する。当該プログラムは、メディア読取装置(CD-ROMドライブ13c、フロッピーディスクドライブ13aなど)によって読み取られてハードディスク13bにインストールされる。そして、CPUが所望のプログラムを適宜ハードディスク13bから読み出して所望の処理を実行する
50

制御プログラム自体も本願発明の一部を構成する。

【0035】色補正テーブル生成装置

図1に示す色補正テーブル生成装置20Aは、CMY画像データをCMYKcm画像データに変換する際、画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルを生成する。ここで、Cはシアン、Mはマゼンタ、Yはイエロー、Kはブラック、cはライトシアン、mはライトマゼンタである。

【0036】図1において、色補正テーブル生成装置20Aは、コスト計算部20dと、色補正テーブル(LUT) 10 スムージング部20eと、色補正テーブル(LUT)生成部20fと、色補正テーブル(LUT)格納部20bとを備えて構成される。これら各構成部分の処理の詳細に関しては後述する。

【0037】以下、図5乃至図7を参照して、図1に示す色補正テーブル生成装置20Aによって行われる色補正テーブル生成処理プログラムを説明する。

【0038】図5に、CMY画像データをCMYKcm画像データに変換する色補正テーブル生成装置による処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0039】各コストの計算処理(S22)

図5に示すように、まず色補正テーブル生成装置20Aのコスト計算部20dが、色補正テーブルによる色変換後の各格子点(グリッド)のデータにおける平滑化の程度を評価するための関数(以下、「評価関数」と称する)Eの各コストの計算処理を行う(S22)。以下、評価関数Eに関して詳細に説明する。

(1) 評価関数EはLUT内のあるグリッドに対して、各条件を満たすことで、より小さな値をとり得るように設計する。例えばインク量に対してスムージングをする 30 場合、下式のように、各条件により設計されるコスト項*

$$E_c = \begin{cases} W_1' \cdot (M \cdot X - Y_r) \\ |W_2 \cdot (M \cdot X - Y_r)|^2 \end{cases} \dots (2)$$

ここで、E_cは、コスト(スカラー値)であり、Xは、要素数Xである列ベクトルであり、Mは、Y×Xの行列で、ベクトルXをコストの対象となる要素数YのベクトルY=M・Xへと変換する変換行列であり、Y_rは、要素数Yである列ベクトルであり、W₁'は、要素数Yの列ベクトルで、ベクトルY-Y_rの各要素へのコストに対する重みを表すベクトルであり、W₂は、Y×Yの対角行列で、ベクトルY-Y_rの各要素へのコストに対する重みを表す行列であり、tは転置を表している。

【0044】以下の説明において、式(2)の第1式を1次式形式、第2式を2次式形式と称する。

(3) インク量ベクトルのねじれ量のコストE_{it}(インク量ベクトル空間)

あるグリッドpと隣接するグリッドをp_r(以下、「参照

*の和として表される。

【0040】

$$E = E_{it} + E_{vt} + E_s + E_v + E_d + E_n + E_{ob} + \dots \quad (1)$$

ここで、E_{it}は、インク量ベクトルのねじれ量のコストであり、E_{vt}は、仮想CMYでのねじれ量のコストであり、E_sは、目的のインク量から離れることでのコストであり、E_vは、目的の仮想CMYから離れることでのコストであり、E_dは、インク量制限を満たさない場合のコストであり、E_nは、インク量が負になった場合のコストであり、E_{ob}は、インクの発生に関するコストである。

【0041】E_{it}およびE_{vt}は、隣接するグリッド間のねじれに関するコストであり、これらのコストを小さくすることによって、CMYからCMYKcmに変換する際の隣接グリッド間のねじれを小さくして画像データの色補正による連続性を高めることができる。また、E_sおよびE_vは、スムージング前後におけるインク量ベクトルの差から生じるコストであり、同一グリッドの時間的変化によるインク量のベクトル差に関するコストである。さらに、E_d、E_nおよびE_{ob}は、所定の制限を越えないようにするためのコストである。

【0042】以下で、各項について詳細に説明する。ただし、全ての項を必ずしも用いる必要はなく、必要に応じて使用する項を選択できる。また、式(1)はインク量ベクトルに対してスムージングを行う例であり、その他のベクトル(例えば、LabやXYZ、CMY、その他のさまざまな空間のベクトル)に対しても同様に適応できる。

(2) 評価関数Eの各項の一般形

あるベクトルXに対する評価関数のコスト項E_cは、一般的に下式のように表す。

【0043】

【数1】

グリッド」と称する)とする。また、グリッドpと隣接する、グリッドp_rとは別のグリッドをp_t(以下「遷移グリッド」と称する)とし、さらに、グリッドp、p_rの位置関係と同じ位置関係をp_tとなすグリッドをp_{r,t}とする。ここで、それぞれのグリッドp、p_r、p_t、p_{r,t}が保持するインク量ベクトルをそれぞれ、I_p、I_{p,r}、I_{p,t}、I_{p,r,t}とする。

【0045】これらのグリッドの位置関係と、それぞれのグリッドが保持するインク量ベクトルを図7に示す。図7において、I_{p,r}とI_pの差ベクトルが、I_{p,r,t}とI_{p,t}の差ベクトルに遷移したと考えると、「遷移前後の差ベクトルの変位量」は、両差ベクトルの差ベクトルとして表せる。また、遷移距離を、I_{p,t}とI_pの差ベクトルの大きさと考え、「遷移前後の差ベクトルの変位量」を遷移

距離で除算することにより、「単位遷移距離あたりの、遷移前後の差ベクトルの変位量」を求めることができる。この「単位遷移距離あたりの、遷移前後の差ベクトルの変位量」の大きさの2乗を、グリッドpに隣接する全てのグリッドpr及び、ptに関して加算することにより、グリッドpにおけるインク量ベクトルのねじれ量と定義 *

$$E_{it} = \sum_{r=1}^T \sum_{p=1}^R \left| \frac{\mathbf{I}_p + \mathbf{I}_{pr} - \mathbf{I}_{pt} - \mathbf{I}_{pt}}{D_t} \right|^2 \quad \dots (3)$$

式(3)において、tは、あるp_tであり、Tは、p_tの数であり、rは、あるp_rであり、Rは、p_rの数であり、D_tは、tにおける遷移距離である。

【0048】コストE_{it}が小さいほど、インク量のねじれ量を小さくできる。

【0049】ここで、式(3)を式(2)の第2式に照らし合わせると、インク量ベクトルを他の空間のベクトルに変換する必要がないため、Mは単位ベクトルとなり省略できる。また、各要素に重みをかけていないので、W_tも単位ベクトルとなり省略できる。XはI₀であり、Y_tはI₀_t、-I₀_r、-I₀_tである。1/D_t²は、あるtでは定数であるため、式(2)の第2式と式(3)とは同じ形をしている。

(4) 仮想QMでのねじれ量のコストE_v

通常、インク量への変換はRGBやQMの3次元空間から行われるため、インク量空間だけでねじれを補正してしまうと元々の3次元空間であるRGB、または、QM空間とインク数分の次元数Iを有するインク量空間との変換関係が非線形に変わってしまう可能性がある。この崩れを最小限に抑えるために、インク量の線形結合で定義される※

$$E_v = \sum_{r=1}^T \sum_{p=1}^R \left| \frac{\mathbf{K} \cdot \mathbf{I}_p + \mathbf{V}_{pr} - \mathbf{V}_{pr} - \mathbf{V}_{pt}}{D_v} \right|^2 \quad \dots (4)$$

ここで、D_tは、tにおける遷移距離で、グリッドp、p_tにおける仮想QMベクトルの差ベクトルの大きさである。

【0052】ここで、式(4)を式(2)第2式と照らし合わせると、式(3)の場合と同様に、両者は同じ形をしていることが分かる。

(5) 目的のインク量から離れることでのコストE_s
グリッドpにおけるインク量ベクトルI₀は、インク量ベ

$$E_s = \left| \mathbf{W}_s \cdot (\mathbf{I}_p - \mathbf{I}_T) \right|^2 \quad \dots (5)$$

式(5)においても、式(2)の第2式と同じ形であることが確認できる。

【0054】理想的なインク量ベクトルI_Tが予め分かっていることは不可能であり、理想状態により近いインク量ベクトルか、別のターゲットとしてのインク量ベクトルを考えることになる。

$$E_v = \left| \mathbf{W}_v \cdot (\mathbf{K} \cdot \mathbf{I}_p - \mathbf{V}_T) \right|^2 \quad \dots (6)$$

* する。ただし、pr及びptは、pに隣接してさえいれば、同一グリッドであってもかまわない。

【0046】このインク量ベクトルのねじれ量をコストとし、式(3)に示す。

【0047】

【数2】

※ 3次元空間上でのねじれ量補正をインク量空間上での補正と同時にを行うとより好ましい結果が得られると考えられる。以下にインク量の線形結合で定義される3次元空間（以下仮想QMと称す）でのねじれ量に基づくコストE_{vt}を定義する。

【0050】E_{it}の場合と全く同様に、各グリッドにおいて、仮想QMベクトルを保持していると考える。このとき、グリッドp、p_r、p_t、およびp_tにおいて保持する仮想QMベクトルを、V₀、V_{0r}、V_{0t}、およびV_{0tr}とする。ここで、仮想QMベクトルは、適当な結合係数により、インク量ベクトルの要素を線形結合したものである。式(3)のIをVに置き換え、インク量ベクトルから仮想QMベクトルへの3×Iの変換行列K (V₀=K・I₀)により、仮想QMによるねじれ量のコストE_{vt}は、式(4)として表せる。ただし、Iはインク量ベクトルの要素数である。

【0051】

【数3】

★ クトルI_Tを理想的な（目的の）ベクトルであるとする。I₀とI_Tの差ベクトルの大きさが大きくなるほどコストが大きいと考えられる。このコストをE_sとし式(5)に示す。ただし、W_sはI×Iの対角行列で、インク量ベクトルの各要素に対する重み行列である。

【0053】

【数4】

☆ (6) 目的の仮想QMから離れることでのコストE_v
グリッドpにおける仮想QMベクトルV₀は、仮想QMベクトルV_Tを理想的なベクトルであるとし、式(5)と同様に、変換行列Kを用いて、E_vは式(6)のように表す。

【0055】

【数5】

ただし、 w_{i1} は 3×3 の対角行列で、仮想CMベクトルの各要素に対する重み行列である。やはり、式(6)も式(2)の第2式と同じ形である。

【0056】この v_i も I_i と同様に、理想的な仮想CMベクトルが予め分かっていることは不可能であり、理想状態により近い仮想CMベクトルか、別のターゲットとしての仮想CMベクトルを考えることになる。

(7) インク量制限を満たさない場合のコスト E_d

さまざまなインク量ベクトル要素の組み合わせに対し

て、それらのインク量の合計がある制限値を超えること*10

$$E_d = \begin{cases} W_{d1} \cdot (N \cdot I_p - D_L) \\ |W_{d2} \cdot (N \cdot I_p - D_L)|^2 \end{cases} \quad \dots (7)$$

ここで、 w_{d1} は要素数Dの列ベクトル、 w_{d2} は要素数D×Dの対角行列で、いずれも重みを表す重みベクトル及び、重み行列である。このとき、 w_{d1} 、 w_{d2} の各重み要素は、 D_b と D_L の差ベクトルの要素の正負により0を取り得る。ただし、Dは組み合わせベクトルの要素数である。

【0059】式(7)は、1次式形式と2次式形式があり、利用する場合いずれかを選択する。また、式(7)を※

$$E_n = \begin{cases} W_{n1} \cdot I_p \\ |W_{n2} \cdot I_p|^2 \end{cases} \quad \dots (8)$$

ただし、 w_{n1} は要素数Iの重みベクトル、 w_{n2} は $I \times I$ の対角行列で、重み行列である。 w_{n1} 、 w_{n2} のそれぞれの重み要素は、インク量ベクトル I_o の各要素が負の値の場合、負の大きさを有する。

【0061】式(8)も、1次式形式と2次式形式のいずれかを選択する。また、式(8)を式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、省略できる部分はあるものの同じ形をしていることが確認できる。

$$E_{ob} = \begin{cases} W_{ob1} \cdot I_p \\ |W_{ob2} \cdot I_p|^2 \end{cases} \quad \dots (9)$$

ただし、 w_{ob1} は要素数Iの重みベクトル、 w_{ob2} は $I \times I$ の対角行列で、重み行列である。 w_{ob1} 、 w_{ob2} のそれぞれの重み要素は、インク量ベクトル I_o のある要素が正で、かつ、本来ならば正の値を持てない場合に、正の値をとる。

【0063】式(9)も、1次式形式、2次式形式のいずれかを選択する。また、式(9)を式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、省略できる部分はあるものの同じ形をしていることが確認できる。

【0064】以上(1)～(9)において各コストを計算した後、以下のスムージング処理が行われる。

【0065】スムージング処理(S24)

*によるコストである。インク量をあまり多くすると、インクがにじみ好ましくないために評価対象としている。

【0057】このとき、インク量ベクトル I_o から、インクの組み合わせの合計を表すベクトル(以下、組み合わせベクトル) D_b への変換行列を N ($D_b = N \cdot I_o$)とし、その制限値を収めたベクトルを D_L とすると、 D_b と D_L の差ベクトルの各要素が、正である場合コストが発生すると考える。これを式で表すと式(7)になる。

【0058】

【数6】

※式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、同じ形をしていることが確認できる。

(8) インク量が負になった場合のコスト E_n

インク量ベクトル I_o の各要素が負である場合にコストが大きくなるとする。これを式(8)に示す。

【0060】

【数7】

★(9) インクの発生に関するコスト E_o 。

インク量ベクトル I_o のある要素が正の値を保持してはならない場合に、それに反する時に発生するコストである。インクの発生が早くなるとドットの視認性が良くなり粒状感が悪くなるので、当該コストを評価対象とする。これを式(9)に示す。

【0062】

【数8】

図5に示すように、次に、色補正テーブル生成装置20Aの色補正LUTスムージング部20eが、以下で詳細に説明するスムージング処理(評価関数Eを最小にする I_o の計算処理)を行う(S24)。

(1) グリッドpにおけるLUTスムージングの概要

グリッドpにおいてLUTをスムージング(平滑化)することは、式(1)の評価関数Eを最小にするによって行われる。式(1)の評価関数Eを最小にする任意の方法を用いることができるが、当該実施形態では以下の方法を用いる。

【0066】式(1)における各項は式(3)～式(9)の和の形で示される。つまり、評価関数Eの全ての項は I_o の各

要素を含み、それらの要素に対して最大2次で表される。さらに、2次の場合、1次の2乗であり、必ず下に凸の関数であることが分かる。すなわち、Eを I_0 の各要素について偏微分した関数をゼロベクトルと等しくする I_0 により、評価関数Eは最小値を取り得る。

【0067】上記のように、式(3)～式(9)は全て式(2) *

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial E_c}{\partial X_1} & \dots & \frac{\partial E_c}{\partial X_i} & \dots & \frac{\partial E_c}{\partial X_T} \end{pmatrix}'$$

$$= \begin{cases} (W_1' \cdot M) \\ 2(W_2 \cdot M)' \cdot W_2 \cdot (M \cdot X - Y_T) \end{cases} \dots (10)$$

ここで、Aは要素数Xの列ベクトルで、各要素は E_c をXの各要素 X_i で偏微分したものである。ただし、 x_i はベクトルXの要素番号で $x=1, 2, \dots, X$ である。

(2) 評価関数Eの I_0 の要素による偏微分

式(10)と同様に、式(3)～式(9)を I_0 の各要素で偏微分すると以下ようになる。ここで、 A_{E_1} 、 A_{E_2} 、 A_{E_3} 、 A_{E_4} 、 A_{E_5} 、 A_{E_6} は、それぞれ E_{E_1} 、 E_{E_2} 、 E_{E_3} 、 E_{E_4} 、 E_{E_5} 、 E_{E_6} を I_0 の各要素 I_{0i} で偏微分することにより求まる要素数Iの列ベクトルを示す。ただし、 i はベクトル I_0 の要素番号で、 $i=1, 2, \dots, I$ である。

【0069】

【数10】

$$\begin{aligned} \times A_{E_1} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_1}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_1}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_1}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^2 \frac{2}{D_{jk}} (I_{0j} + I_{0k} - I_{0j} - I_{0k}) \end{aligned} \dots (12)$$

$$\begin{aligned} A_{E_2} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_2}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_2}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_2}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^2 \frac{2}{D_{jk}} K' \cdot (K \cdot I_{0j} + V_{0k} - V_{0k} - V_{0k}) \end{aligned} \dots (13)$$

$$\begin{aligned} A_{E_3} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_3}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_3}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_3}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= 2W_1' \cdot (I_{0j} - I_{0T}) \end{aligned} \dots (14)$$

$$\begin{aligned} \times A_{E_4} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_4}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_4}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_4}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= 2(W_1 \cdot K)' \cdot W_1 \cdot (K \cdot I_{0j} - V_{0T}) \end{aligned} \dots (15)$$

$$\begin{aligned} A_{E_5} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_5}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_5}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_5}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= \begin{cases} (W_{01}' \cdot N) \\ 2(W_{02} \cdot N)' \cdot W_{02} \cdot (N \cdot I_{0j} - D_{0T}) \end{cases} \dots (16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{E_6} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_6}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_6}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_6}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= \begin{cases} W_{01} \\ 2W_{02}^2 \cdot I_{0j} \end{cases} \dots (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{E_{00}} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{E_{00}}}{\partial I_{01}} & \dots & \frac{\partial E_{E_{00}}}{\partial I_{0i}} & \dots & \frac{\partial E_{E_{00}}}{\partial I_{0T}} \end{pmatrix}' \\ &= \begin{cases} W_{01} \\ 2W_{02}^2 \cdot I_{0j} \end{cases} \dots (18) \end{aligned}$$

40 式(12)～式(18)の合計が評価関数Eを I_0 の各要素で偏微分することにより得られるベクトルとなる。このベクトルがゼロベクトルであるとして I_0 について解くと、Eを最小にする I_0 を求めることができる。すなわち、

【0070】

【数11】

$$f(I_0) = A_{E_1} + A_{E_2} + A_{E_3} + A_{E_4} + A_{E_5} + A_{E_6} + A_{E_{00}} \dots (19)$$

$$= 0$$

を I_0 について解くことを意味する。ただし、fはEを I_0 の各要素で偏微分して得られるベクトルを関数の形

で表したものであり、0はゼロベクトルを表す。式(19)の第1式右辺の各項は、評価関数である式(1)において

*と同じ形となる。ここで、式(2)を用いて評価関数Eの各項を I_0 。(式(2)の場合はX)の各項で偏微分する場合の一般形式を示す。式(2)をXの各項で偏微分した場合を式(10)に示す。

【0068】

【数9】

選択した項に対応する項だけを使用する。

【0071】以上のようにして、色補正LUTスムーシング部20eが、評価関数Eを最小にする I_p を求めて、当該スムーシング処理を終了する。

【0072】LUT全体のスムーシング処理(S25)図5に示すように、次に、色補正テーブル生成装置20Aの色補正LUTスムーシング部20eが、以下で詳細に説明するLUT全体のスムーシング処理を行う(S25)。

【0073】LUT全体のスムーシング処理を行うのに、グリッドp以外のグリッドにおいて保持しているインク量ベクトルを変化させずに I_p のみを補正すれば良い場合、上記の方法により最適な I_p を求めることができ *

$$I_p^{n+1} = g(\dots, I_{p-1}^n, I_p^n, I_{p+1}^n \dots)$$

全てのグリッドにおいて、状態nから状態n+1に補正された場合、各々のグリッドにおいてコストEが、必ずしも小さくなるとは限らない。なぜならば、式(20)のように、状態nにおけるコストEに基づき、各々のグリッドに関して状態n+1のインク量ベクトルを求めているため、式(20)を求めるにあたって、状態n+1のコストEは考慮されていないからである。すなわち、コストを小さくすることが目的であるため、大半のグリッドは状態nのコストより、状態n+1のコストの方が小さくなると予想されるが絶対ではない。そこで、①全て式(20)により補正(S40)、②コストが大きくなる補正をせず(S54)、または③アニーリング法(S56)によりある程度小さいコストの増加を許容して補正する。

【0076】次に、図6に示すフローチャートを参照して、図5のS25に示すLUT全体のスムーシング処理についてさらに詳細に説明する。

【0077】図6に示すように、S25におけるLUT全体のスムーシング処理が開始されると、式(20)のnに0(ゼロ)がセットされ(S30)、インク量ベクトルI:

【0078】

【数13】

$$I_p^n$$

($p=0, 1, \dots, P-1$)が入力される(S32)。ここで、Pはグリッド数を表す。

【0079】次に、 $n < N$ であるか否かが判断され(S34)、 $n < N$ の場合(S34、Y)には状態nにおけるグリッドpについてのコスト:

【0080】

【数14】

$$E_p^n$$

($p=0, 1, \dots, P-1$)の計算を行い(S36)、グリッドp($p=0, 1, \dots, P-1$)のある状態nでのインク量ベ

*る。しかし、実際にはLUT全体のスムーシング処理を行うのに、グリッドp以外のグリッドにおいて保持しているインク量ベクトルも補正しなければならない。そこで、各グリッドのインク量ベクトルを順次補正することにより、LUT全体のスムーシングを行う。

【0074】グリッドpのある状態nでのインク量ベクトルを、次の状態へ補正すること(式(19)を I_p について解くこと)をqで表すならば、その補正は一般に式(20)のように表される。

【0075】

【数12】

・・・(20)

クトルを式(20)を用いて求めて、変数CountをPにセットする(S38)。

【0081】ここで、Nはスムーシング回数を表し、状態nの最大値がN-1であることを示す。

【0082】そして、「すべてのグリッドを補正しない」という条件の場合(S40、N)、pを0(ゼロ)にセットし(S42)、 $p < P$ であるか否かが判断される(S44)。

【0083】そして、「すべてのグリッドを補正する」という条件の場合(S40、Y)または $p < P$ でない場合(S44、N)であって、Countが0(ゼロ)でない場合(S46、N)、n+1をnにセットしてアニーリング法用の確率変数パラメータを小さくして(S48)、S34に戻る。

【0084】一方、 $p < P$ の場合(S44、Y)、状態n+1におけるグリッドpについてのコスト:

【0085】

【数15】

$$E_p^{n+1}$$

が計算され(S50)、

【0086】

【数16】

$$E_p^{n+1} < E_p^n$$

であるか否かが判断される(S52)。そして、状態n+1におけるグリッドpについてのコストが状態nにおけるグリッドpについてのコスト以上の場合(S52、N)には、「コストが小さくなければ補正しない」という条件か否かが判断され(S54)、S54において「コストが小さくなければ補正しない」という条件に合致しない場合(S54、N)、「アニーリング法を用いた補正を許可する」という条件か否かが判断される(S56)。

【0087】そして、「コストが小さくなければ補正し

17

ない」という条件にあてはまる場合（S54、Y）または「アニーリング法を用いた補正を許可しない」という条件の場合（S56、N）、状態 n におけるグリッド p についてのインク量ベクトル：

【0088】

【数17】

$$I_p^n$$

を、状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのインク量ベクトル：

【0089】

【数18】

$$I_p^{n+1}$$

にセットするとともに、変数（Count-1）をCountにセットする（S60）。

【0090】そして、S60の後、または状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのコストが状態 n におけるグリッド p についてのコストよりも小さい場合（S52、Y）、または「アニーリング法を用いた補正を許可する」という条件の場合（S56、Y）、（ $p+1$ ）を p にセットして（S58）、S44に戻る。

【0091】一方、S34において $n < N$ でない場合（S34、N）またはS46においてCountが0の場合（S46、Y）には、インク量ベクトル：

【0092】

【数19】

$$I_p^{n+1}$$

（ $p=0, 1, \dots, P-1$ ）を出力して（S62）、処理を終了する。

【0093】そして、LUT全体のスムージング処理（S25）の後、図5のS26に戻り、色補正テーブルが生成され（S26）、当該生成された色補正テーブルが色補正LUT格納部20bに格納される（S28）。

【0094】以上のようにして、画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルを生成することができる。

【0095】画像処理装置

図3において、画像処理装置20Bは、RGB画像入力データに対して所望の画像処理を施し、当該画像処理された画像データを画像出力装置30に出力する。

【0096】ここで、画像データはカラー画像を所定の要素色毎に色分解しつつ、その要素色毎に強弱を表したものであり、有彩色であって所定の比で混合したときにはグレイに代表される無彩色と黒色とからなる。

【0097】当該実施形態では、画像出力装置がC（シアン）M（マゼンタ）Y（イエロー）K（ブラック）c（ライトシアン）m（ライトマゼンタ）の6色のインクを使用するカラープリンタがRGBデータに基づき色再

18

現を行う場合について説明する。

【0098】画像処理装置20Bは、RGB画像データをCMY画像データに変換する色変換部20dと、色補正テーブル生成装置20Aによって生成された色補正テーブルを少なくとも格納している色補正LUT格納部20bと、色補正LUT選択部20cによって選択された色補正テーブル（LUT）を色補正LUT格納部20bから読み出し、当該読み出された色補正LUTを参照してCMYデータをCMYK_{cm}データに変換する色補正部20aと、を備えている。

【0099】次に、図4を参照して、画像処理装置20Bの動作について説明する。

【0100】図4に示すように、ユーザによって画像出力開始（ステップ70）が指示されるとともに、所定の色補正LUTが選択されると（ステップ72、Yes）、当該所定の色補正LUTが色補正LUT格納部20bから読み出され、RAM内に読み込まれる（ステップ74）。そして、当該色補正LUTを色補正部20aに組み込み（ステップ76）、3次元色補正LUTを参照して補間演算によって画像処理を行い、画像出力処理を行う（ステップ78）。

【0101】当該実施形態による画像処理装置によれば、ステップ72において色補正テーブル生成装置20Aによって生成された画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルが選択されると、当該色補正テーブルを用いて色補正がなされるので、色補正後に階調がたつくことを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる色補正テーブル生成装置の機能ブロック図である。

【図2】本発明による色補正テーブル生成装置および画像処理装置の具体的なハードウェア構成例を示す概略ブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態にかかる画像処理装置の機能ブロック図である。

【図4】画像処理装置20Bの動作を説明するためのフローチャートである。

【図5】色補正テーブル生成装置による処理を説明するためのフローチャートである。

【図6】色補正テーブルのスムージング処理を説明するためのフローチャートである。

【図7】インク量のねじれ量ベクトルの定義を説明するための図である。

【符号の説明】

11a スキャナ

11b デジタルスチルカメラ

11c ビデオカメラ

12 コンピュータ本体

12a オペレーティングシステム

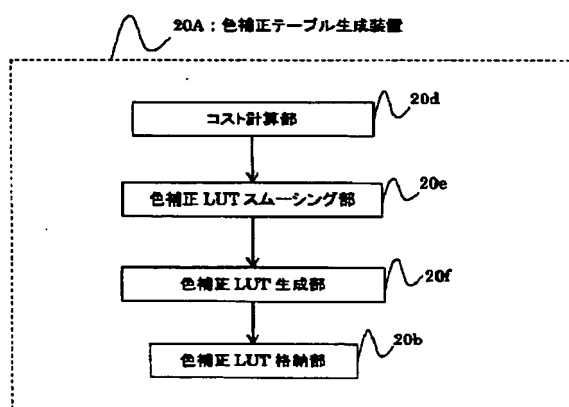
12b ディスプレイドライバ

19

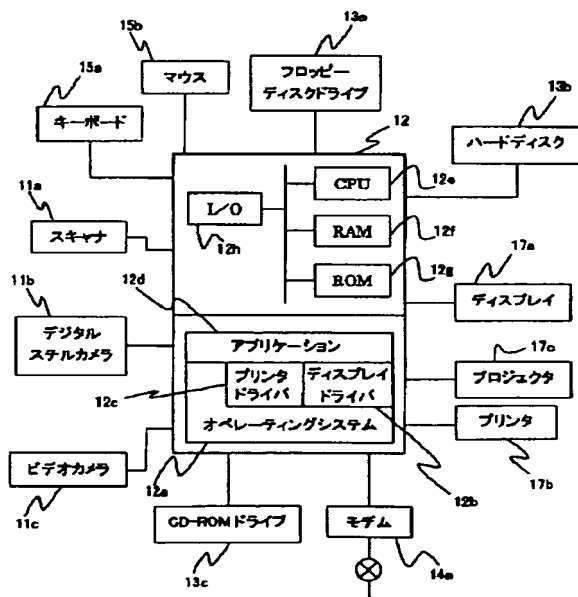
- 12c プリンタドライバ
- 12d アプリケーション
- 13a フロッピーディスクドライブ
- 13b ハードディスク
- 13c CD-ROMドライブ
- 14a モデム
- 15a キーボード
- 15b マウス
- 17a ディスプレイ
- 17b カラープリンタ

*10

【図1】



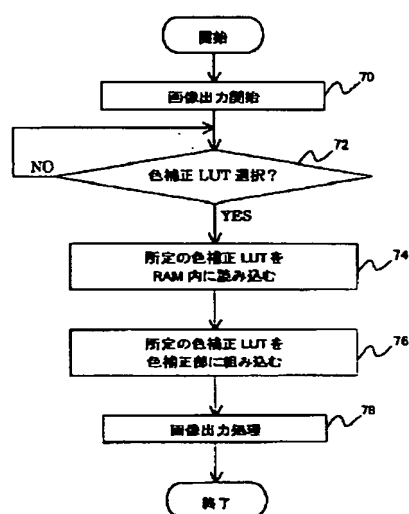
【図2】



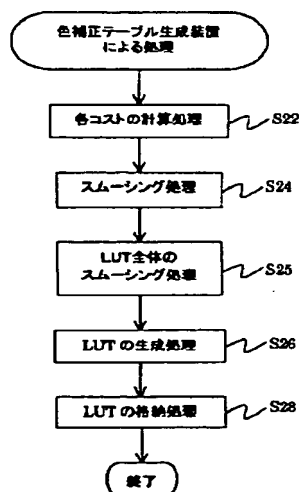
20

- *17c プロジェクタ
- 20A 第1色補正テーブル生成装置
- 20B 画像処理装置
- 20a 色補正部
- 20b 色補正LUT格納部
- 20c 色補正LUT選択部
- 20d コスト計算部
- 20e 色補正LUTスムージング部
- 20f 色補正LUT生成部

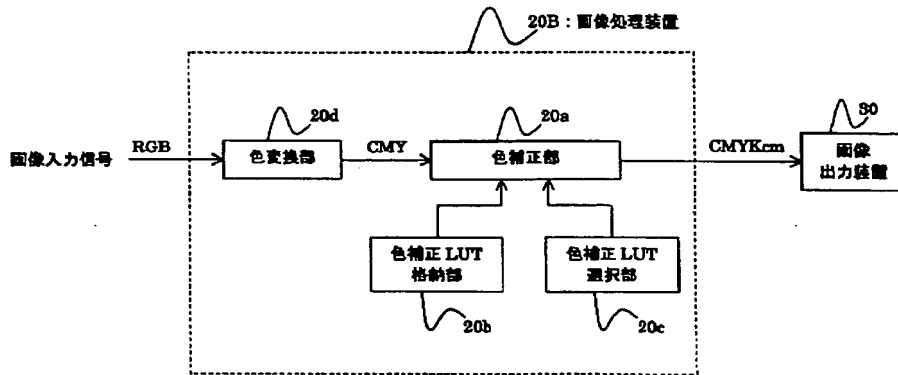
【図4】



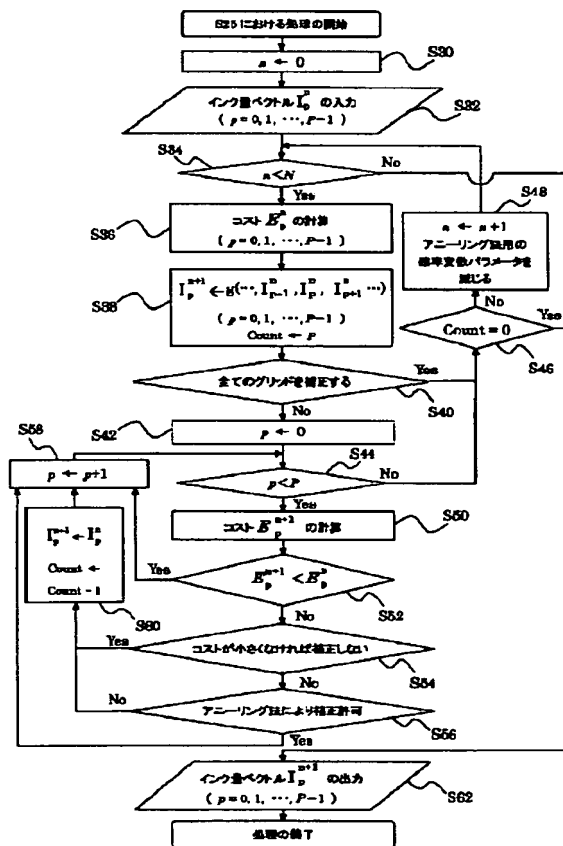
【図5】



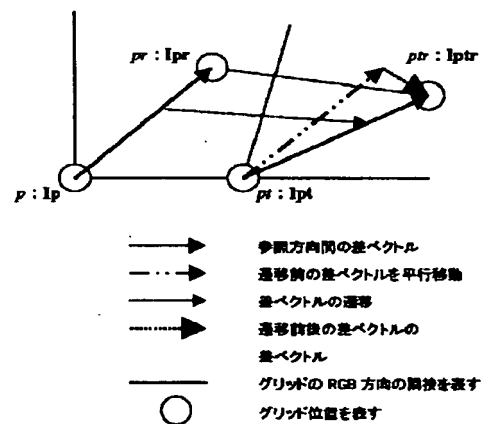
【図3】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2C262 AB11 AB13 BA01 BA02 BA15
BC01 BC11 BC19
5B057 AA11 CA01 CA08 CA12 CA16
CB01 CB08 CB12 CB16 CC01
CE05 CE17 CE18 CH07 CH08
5C077 LL19 MP08 PP32 PP33 PP37
PQ08 PQ12 PQ23 TT02
5C079 HB01 HB02 HB03 HB12 KA15
LB01 MA04 MA11 NA03 PA02
PA03